

DIALOG(R)File 347:JAPIO

(c) 2004 JPO & JAPIO. All rts. reserv.

05141669    \*\*Image available\*\*

**METHOD AND DEVICE FOR LASER PROCESSING**

**PUB. NO.:**      **08-097169** [JP 8097169 A]

**PUBLISHED:**    April 12, 1996 (19960412)

**INVENTOR(s):** YAMAZAKI SHUNPEI  
TERAMOTO SATOSHI

**APPLICANT(s):** SEMICONDUCTOR ENERGY LAB CO LTD [470730] (A Japanese Company  
or Corporation), JP (Japan)

**APPL. NO.:**    06-256148 [JP 94256148]

**FILED:**        September 26, 1994 (19940926)

**INTL CLASS:**   [6] H01L-021/268; H01L-021/20; H01L-027/12; H01L-029/786;  
H01L-021/336

**JAPIO CLASS:** 42.2 (ELECTRONICS -- Solid State Components); 36.1 (LABOR  
SAVING DEVICES -- Industrial Robots)

**JAPIO KEYWORD:**R002 (LASERS); R004 (PLASMA); R011 (LIQUID CRYSTALS); R096  
(ELECTRONIC MATERIALS -- Glass Conductors)

**ABSTRACT**

**PURPOSE:** To provide a device which performs various annealing on a silicon thin film by irradiating it with laser beam.

**CONSTITUTION:** Relating to a laser process device provided with a heating chamber 304, a chamber 303 where laser beam is applied and a robot arm 314, a substrate on which a silicon film to be irradiated with laser beam is formed is heated in the heating chamber, and then, while heated, irradiated with laser beam in the laser process chamber 303. Further, heat treatment is performed in a heating chamber 302. A chain of operation is performed by transferring a substrate 315 with the use of the robot arm 314.

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平8-97169

(43) 公開日 平成8年(1996)4月12日

|                           |      |        |     |        |
|---------------------------|------|--------|-----|--------|
| (51) Int.Cl. <sup>6</sup> | 識別記号 | 庁内整理番号 | F I | 技術表示箇所 |
| H 0 1 L 21/268            |      | Z      |     |        |
| 21/20                     |      |        |     |        |
| 27/12                     |      | R      |     |        |
| 29/786                    |      |        |     |        |

9056-4M

H 0 1 L 29/ 78

6 2 7 G

審査請求 未請求 請求項の数16 F D (全 12 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願平6-256148

(22) 出願日 平成6年(1994)9月26日

(71) 出願人 000153878

株式会社半導体エネルギー研究所  
神奈川県厚木市長谷398番地

(72) 発明者 山崎 舜平

神奈川県厚木市長谷398番地 株式会社半  
導体エネルギー研究所内

(72) 発明者 寺本 聡

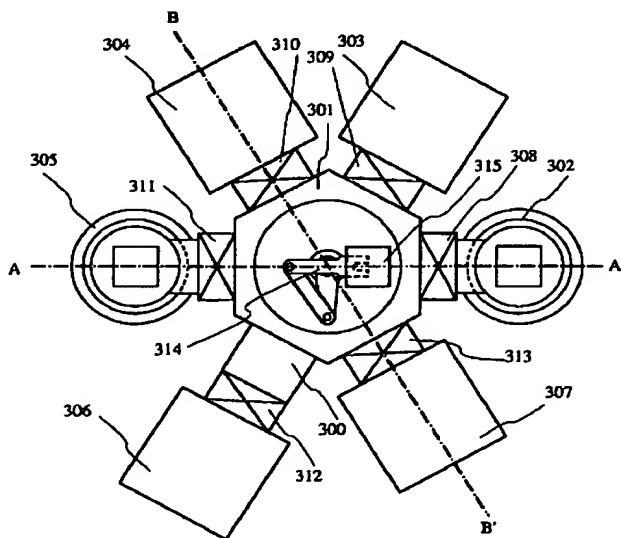
神奈川県厚木市長谷398番地 株式会社半  
導体エネルギー研究所内

(54) 【発明の名称】 レーザー処理方法およびレーザー処理装置

(57) 【要約】

【目的】 レーザー光の照射によって珪素薄膜に対して各種アニールを施す装置を提供する。

【構成】 加熱室304とレーザー光を照射する室303とロボットアーム314とを備えたレーザー処理装置において、レーザー光を照射するための珪素膜が形成された基板を加熱室において加熱し、しかるのちに、レーザー処理室303において加熱した状態でレーザー光を照射する。さらに加熱室302で加熱処理を行う。これは一連の操作はロボットアーム314によって基板315を移送することによって行われる。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】ガラス基板上に形成された珪素膜に対してレーザー光を照射する方法であって、

レーザー光を照射する際に 455℃以上の温度で、かつガラス基板の歪点以下の温度で加熱を行うことを特徴とするレーザー処理方法。

【請求項 2】ガラス基板上に形成された珪素膜に対してレーザー光を照射する工程と、

該工程の後 500℃以上の温度で、かつガラス基板の歪点以下の温度で加熱を行う工程と、

を有し、

レーザー光を照射する際に 455℃以上の温度で、かつガラス基板の歪点以下の温度で加熱を行うことを特徴とするレーザー処理方法。

【請求項 3】ガラス基板上に形成された珪素膜に対してレーザー光を照射する方法であって、

レーザー光を照射する際に 550℃±30℃の温度で加熱を行うことを特徴とするレーザー処理方法。

【請求項 4】ガラス基板上に形成された珪素膜に対してレーザー光を照射する工程と、

該工程の後 550℃±30℃の温度で加熱を行う工程と、

を有し、

レーザー光を照射する際に 550℃±30℃の温度で加熱を行うことを特徴とするレーザー処理方法。

【請求項 5】ガラス基板上に珪素膜を形成する工程と、加熱を行い所定の温度まで昇温する工程と、

前記所定の温度に保った状態で珪素膜に対してレーザー光を照射する工程と、

を有し、

前記所定の温度は 500℃以上であり、かつガラス基板の歪点以下の温度であることを特徴とするレーザー処理方法。

【請求項 6】ガラス基板上に非晶質珪素膜を形成する工程と、

前記非晶質珪素膜に対して第 1 の加熱処理を施し結晶化させる工程と、

該工程において結晶化された珪素膜に対してレーザー光を照射する工程と、

該工程においてレーザー光が照射された珪素膜に対して第 2 の加熱処理を施す工程と、

を有し、

前記第 1 および／または第 2 の加熱処理は 500℃以上であって、かつガラス基板の歪点以下の温度であって、前記レーザー光の照射は、455℃以上であって、かつガラス基板の歪点以下の温度で加熱した状態で行われることを特徴とするレーザー処理方法。

【請求項 7】ガラス基板上に非晶質珪素膜を形成する工程と、

前記非晶質珪素膜に珪素の結晶化を助長する金属元素を

導入する工程と、

前記非晶質膜に対して第 1 の加熱処理を行う工程と、

該工程において結晶化された珪素膜に対してレーザー光を照射する工程と、

該工程においてレーザー光が照射された珪素膜に対して第 2 の加熱処理を施す工程と、

を有し、

前記第 1 および／または第 2 の加熱処理は 500℃以上であって、かつガラス基板の歪点以下の温度で行われ、

10 前記レーザー光の照射は、455℃以上であって、かつガラス基板の歪点以下の温度で加熱した状態で行われることを特徴とするレーザー処理方法。

【請求項 8】請求項 7 において、金属元素として Fe、Co、Ni、Ru、Rh、Pd、Os、Ir、Pt、Cu、Au から選ばれた一種または複数種類の元素が用いられることを特徴とするレーザー処理方法。

【請求項 9】請求項 7 において、金属元素として Fe、Co、Ni、Ru、Rh、Pd、Os、Ir、Pt、Cu、Au から選ばれた一種または複数種類の元素が用いられ、

20 前記元素は珪素膜中における濃度が  $1 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3} \sim 5 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$  となるように導入されることを特徴とするレーザー処理方法。

【請求項 10】基板を搬送する手段を有した搬送室と、基板を加熱する手段を有した第 1 及び第 2 の加熱室と、レーザー光を照射する手段を有したレーザー処理室とを少なくとも含み、

前記第 1 及び第 2 の加熱室とレーザー処理室とは、前記搬送室を介して連結されており、

30 前記第 1 の加熱室は基板を所定の温度まで加熱し、

前記レーザー処理室は前記第 1 の加熱室で加熱された基板を加熱しつつレーザー光を照射し、

前記第 2 の加熱室は前記レーザー処理室においてレーザー光が照射された基板に対して加熱処理を加えることを特徴とするレーザー処理装置。

【請求項 11】レーザー光を照射する手段と、

基板を 90 度回転させる手段と、

を少なくとも含んだレーザー処理装置であって、

40 レーザー光は線状を有していることを特徴とするレーザー処理装置。

【請求項 12】レーザー光を照射する手段と、

基板を 90 度回転させる手段と、

を少なくとも含んだレーザー処理装置であって、

レーザー光は線状を有しており、

前記線状のレーザー光はその長手方向に直角な方向に相対的に走査されて基板に対して照射され、

基板に対してレーザー光は少なくとも 2 回照射され、

レーザー光の 1 回目の照射の後、基板は基板を 90 度回転させる手段において 90 度回転され、該 90 度回転され

50 れた基板に対して 2 回目のレーザー光の照射が行われる

## 3

ことを特徴とするレーザー処理装置。

【請求項 13】レーザー光を照射する手段と、  
基板を 90 度回転させる手段と、  
を少なくとも含んだレーザー処理装置であって、  
レーザー光は線状を有しており、  
前記線状のレーザー光はその長手方向に直角な方向に相  
対的に走査されて基板に対して照射され、  
前記基板を 90 度回転させる手段において基板を 90 度  
回転させることによって、前記線状のレーザー光を 90  
度異なる角度から走査して照射することを特徴とするレ  
ーザー処理装置。

【請求項 14】レーザー光を照射する手段と、  
基板を回転させる手段と、  
を少なくとも含んだレーザー処理装置であって、  
レーザー光は線状を有していることを特徴とするレーザ  
ー処理装置。

【請求項 15】レーザー光を照射する手段と、  
基板を回転させる手段と、  
を少なくとも含んだレーザー処理装置であって、  
レーザー光は線状を有しており、  
前記線状のレーザー光はその長手方向に直角な方向に相  
対的に走査されて基板に対して照射され、  
前記基板を回転させる手段において基板を回転させるこ  
とによって、前記線状のレーザー光を異なる角度から走  
査して照射することを特徴とするレーザー処理装置。

【請求項 16】レーザー光を照射する手段を有した室  
と、  
基板を回転させる手段を有した室と、  
前記 2 つの室に連結された基板を搬送する手段を有した  
室と、  
を少なくとも含んだレーザー処理装置であって、  
レーザー光は線状を有しており、  
前記線状のレーザー光はその長手方向に直角な方向に相  
対的に走査されて基板に対して照射され、  
一旦レーザー光が照射された基板は前記基板を搬送する  
手段により基板を回転させる手段を有した室に移送さ  
れ、該室において基板が回転された後、再びレーザー  
光を照射する手段を有した室に移送され、最初のレーザ  
ー光の照射とは異なる角度で再びレーザー光が走査され  
て照射されることを特徴とするレーザー処理装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本明細書で開示する発明は、レー  
ザー光の照射によって半導体に対して各種アニールを施  
す技術、およびその装置に関する。

【従来の技術】

【0002】従来より、半導体に対してレーザー光を照  
射することによって、各種アニールを施す技術が知られ  
ている。例えば、プラズマ CVD 法によってガラス基板  
上に成膜された非晶質珪素膜 (a-Si 膜) に対してレ

## 4

ーザー光を照射することによって結晶性珪素膜に変成す  
る技術や、不純物イオン注入後のアニール技術等が知ら  
れている。このようなレーザー光を用いた各種アニール  
技術、およびレーザー光を照射する装置としては、本出  
願人による特開平 6-51238 号公報に記載されている  
技術がある。

【0003】レーザー光による各種アニール処理は、下  
地の基板に対して熱的なダメージを与えないので、例え  
ば基板としてガラス基板等の熱に弱い材料を用いた場合  
等に有用な技術となる。しかしながら、そのアニール効  
果を常に一定なものとするのが困難であるという問題  
がある。またレーザー光の照射による非晶質珪素膜の結  
晶化を行った場合、必要とする良好な結晶性を常に得る  
ことが困難であり、安定してより結晶性の良好な結晶性  
珪素膜を得る技術が求められていた。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】本明細書で開示する発  
明は、下記に示す事項の少なくとも一つ以上を解決する  
ことを課題とする。

20 (1) レーザー光の照射による半導体へのアニール技術  
において常に一定の効果が得られるようにする。

(2) 非晶質珪素膜へのレーザー光の照射によって得ら  
れる結晶性珪素膜の結晶性をより高くする。

【0005】

【課題を解決するための手段】本明細書で開示する主要  
な発明の一つは、ガラス基板上に形成された珪素膜に対  
してレーザー光を照射する方法であって、レーザー光を  
照射する際に 455℃以上の温度で、かつガラス基板の  
歪点以下の温度で加熱を行うことを特徴とする。

30 【0006】上記構成において、ガラス基板上に形成さ  
れた珪素膜としては、ガラス基板上に直接非晶質珪素膜  
や結晶性珪素膜が形成された状態、あるいはガラス基板  
上に下地膜として酸化珪素膜や窒化珪素膜等の絶縁膜が  
形成された上に非晶質珪素膜や結晶性珪素膜が形成され  
た状態を挙げることができる。

【0007】レーザー光を照射する際に 455℃以上の  
温度で加熱するのは、レーザー光の照射によるアニール  
効果を高めるためである。珪素膜にレーザー光を照射す  
るのは、珪素膜に対してエネルギーを与え、そのエネル  
ギーによって、珪素膜を結晶化させたり、珪素膜の結晶  
性を向上させたり、珪素膜中に含まれる不純物の活性化  
を行うためである。この際、単にレーザー光を照射する  
のみではなく、加熱を併用することによって、レーザー  
光を照射することの効果を高くすることができる。

【0008】図 8 に示すのは、酸化珪素膜の下地膜が形  
成されたガラス基板上に形成された非晶質珪素膜に対し  
て、KrF エキシマレーザー (波長 248nm) を照射  
し、結晶化させた場合の、珪素膜のラマン強度 (相対  
値) とレーザー光の照射エネルギー密度との関係を示し  
たものである。ラマン強度 (相対値) は、単結晶ウエハ

一のラマン強度との比率を示したものであり、その値が大きい程結晶性が優れていることを意味する。

【0009】図8を見ると、基板(試料)を加熱した状態でレーザー光を照射することによって、同じレーザー光の照射であっても、結晶性の高い珪素膜が得られることが分かる。

【0010】図9に示すのは、ラマンスペクトルの半値幅(相対値)と照射エネルギー密度との関係である。ラマンスペクトルの半値幅は、ラマン強度は半分の場所におけるラマンスペクトルの幅を単結晶ウエハーの場合と比較した比率である。この比率が小さい程、得られた珪素膜の結晶性が優れていることを意味する。

【0011】図9を見ても分かるように、レーザー光の照射と同時に加熱を行うことで、結晶性の優れた珪素膜が得られることが分かる。実験によれば、レーザー光と同時に加熱の温度は、少なくとも455℃以上、好ましくは500℃以上、さらに好ましくは550℃以上とすることがよい。特に500℃以上の加熱においてはその効果は顕著なものがある。

【0012】なお加熱の方法は、基板を保持するホルダーやステージ内に配置されたヒーターによって行う方法や、赤外線ランプ等でレーザー光が照射される被照射面を加熱する方法を挙げることができる。また加熱温度はレーザー光が照射される被照射面の温度を計測するのが正しいが、若干の誤差を許容するならば、基板の温度で計測してもよい。

【0013】また上記レーザー光の照射と同時に行われる加熱は、ガラス基板の歪点以下の温度で行うことが望ましい。これは、加熱によって基板が湾曲したり、縮んだりすることを防ぐためである。例えば、一般にアクティブマトリクス型の液晶表示装置の基板として多用されるコーニング7059ガラス基板の歪点は593℃であり、この場合は、593℃以下の温度で加熱処理を行うことが望ましい。

【0014】また実験によれば、レーザー光を照射する際に550℃±30℃の温度で基板を加熱することは効果があることが判明している。

【0015】またレーザー光が照射される前に、加熱処理により、予め珪素膜を結晶化させておくことは有効である。この場合、非晶質珪素膜に対して珪素膜の結晶化を助長する触媒元素を導入し、しかる後に加熱処理を加えて結晶化をさせる方法が有効である。

【0016】このような金属元素としては、Fe、Co、Ni、Ru、Rh、Pd、Os、Ir、Pt、Cu、Auから選ばれた一種または複数種類の元素を挙げることができる。特にNi(ニッケル)を用いた場合には、550℃±30℃の温度で4時間程度の加熱処理を行うことで結晶性珪素膜を得ることができる。

【0017】また、上記元素の導入方法は、非晶質珪素膜の表面に接して、スパッタ法や蒸着法あるいはCVD

法によって、上記金属元素の層または上記金属元素を含む層を形成すればよい。また上記金属元素を含んだ溶液を非晶質珪素膜の表面に塗布し、上記金属元素が非晶質珪素膜の表面に接して保持された状態とする方法を用いるのもよい。

【0018】また、上記金属元素の導入量は、珪素膜中における金属元素の濃度が $1 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3} \sim 5 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ となるように導入することが必要である。これは、金属元素の濃度が $1 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ 以下であると、その効果が得られず、また金属元素の濃度が $5 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ 以上であると、得られる結晶性珪素膜の半導体としての電気的な特性が阻害されてしまう(金属としての電気特性が表れてしまう)からである。

【0019】本明細書で開示する他の発明は、ガラス基板上に非晶質珪素膜を形成する工程と、前記非晶質珪素膜に対して第1の加熱処理を施し結晶化させる工程と、該工程において結晶化された珪素膜に対してレーザー光を照射する工程と、該工程においてレーザー光が照射された珪素膜に対して第2の加熱処理を施す工程と、を有し、前記第1および/または第2の加熱処理は500℃以上であって、かつガラス基板の歪点以下の温度であって、前記レーザー光の照射は、455℃以上であって、かつガラス基板の歪点以下の温度で加熱した状態で行われることを特徴とする。

【0020】上記構成は、ガラス基板上に形成された非晶質珪素膜を加熱処理によりまず結晶化させ、しかる後にレーザー光の照射によってさらにその結晶性を向上させ、さらに加熱処理を加えることにより、得られた珪素膜中の欠陥密度を減少させることを特徴とする。

【0021】図10に示すのは、非晶質珪素膜に対してニッケル元素を導入し、さらに加熱処理を加えることによって結晶化させ、結晶性珪素膜を得た場合の膜中におけるスピン密度を調べた結果である。スピン密度は、膜中の欠陥密度を示す指標として理解することができる。

【0022】図10において、No1、2、5は、ニッケル元素の導入後に加熱処理を行っただけの試料である。No3は、加熱処理の後にLC(レーザー光の照射)を行った試料である。No4は、加熱処理の後にLC(レーザー光の照射)を行い、さらに加熱処理を行った試料である。図10を見れば明らかなように、レーザー光の照射後にさらに加熱処理を加えた試料(No4)のスピン密度が一番小さいことが分かる。

【0023】このように、レーザー光の照射の後に加熱処理を加えることは、膜中の欠陥密度を減少させるために極めて有効である。なおこのレーザー光の照射後に行われる加熱処理の温度は、500℃以上とすることが有効である。またその温度の上限はガラス基板の歪点によって制限される。

【0024】本明細書で開示する他の発明は、基板を搬送する手段を有した搬送室と、基板を加熱する手段を有

した第 1 及び第 2 の加熱室と、レーザー光を照射する手段を有したレーザー処理室とを少なくとも含み、前記第 1 及び第 2 の加熱室とレーザー処理室とは、前記搬送室を介して連結されており、前記第 1 の加熱室は基板を所定の温度まで加熱し、前記レーザー処理室は前記第 1 の加熱室で加熱された基板を加熱しつつレーザー光を照射し、前記第 2 の加熱室は前記レーザー処理室においてレーザー光が照射された基板に対して加熱処理を加えることを特徴とする。

【0025】上記構成を有した装置の例を図 1 に示す。図 1 において、301 が基板 315 を搬送する手段 314 (ロボットアーム) を有した搬送室である。また、305 と 302 が基板を加熱する手段を有する加熱室である。また、304 がレーザー光を照射する手段を有するレーザー処理室である。

【0026】他の発明の構成は、レーザー光を照射する手段と、基板を 90 度回転させる手段と、を少なくとも含んだレーザー処理装置であって、レーザー光は線状を有していることを特徴とする。

【0027】上記構成を有した装置の例を図 1 に示す。図 1 に示す装置は、レーザー処理室 304 においてレーザー光を照射する手段 (図 3 に示す 331 がレーザー光を発振する装置) を有し、また 303 で示される室で基板を 90 度回転させる手段を有している。また、レーザー照射装置 331 からのレーザー光は図 3 の紙面手前側から向う側に向かって長手方向を有する線状を有している。

【0028】レーザー光の照射は、図 3 に示される基板が置かれるステージ 353 を 354 で示される方向に移動させることによって、線状のビームがその長手方向とは直角の方向に走査されるようにして行われる。図 3 においては、基板側を移動させることによって、相対的にレーザービームを走査する構成となっているが、勿論レーザービーム側を移動させるのでもよい。

【0029】ここで線状のレーザービームの走査方向を 90 度異ならせて、少なくとも 2 回以上のレーザー光の照射を行うことで、レーザー光の照射による効果を被照射面全体で均一なものとすることができる。

【0030】そこで、1 回目のレーザー光の照射の後に、303 で示される室において基板を 90 度回転させ、さらに 2 回目のレーザー光の照射を行うことで、レーザー光の照射による効果の均一性を高めることができる。勿論、この走査を複数回繰り返して行うのでもよい。

【0031】また、基板の回転を 30 度として、3 回に分けてレーザー光の照射を行うのでもよい。勿論さらにレーザー光の照射回数を多くしてもよい。この基板の角度の設定は、レーザー光の照射の均一性に鑑み任意に設定することができる。

【0032】

#### 【実施例】

【実施例 1】本実施例では、本明細書で開示する発明を実施する際に利用されるレーザー処理装置を示す。図 1 に本実施例に示すレーザー処理装置の上面図を示す。図 2 に図 1 の A-A' で切った断面図を示す。図 3 に図 1 の B-B' で切った断面図を示す。

【0033】図 1 ~ 図 3 において、306 で示されるのは、基板 (試料) を搬入するための搬入室 (ロード室) であり、レーザー光を照射する対象の珪素膜や作製工程途中の状態の薄膜トランジスタが形成された基板 (試料) が多数枚カセット 330 に収納された状態で外部から搬入される。基板の搬入室 306 に基板を外部から出し入れする際には、基板を収納したカセット毎移動が行われる。

【0034】301 で示されるのは、基板を装置内において搬送するための搬送室であり、315 で示される基板を一枚づつ搬送するためのロボットアーム 314 を備えている。このロボットアームの先端部 (基板を載せる部分) は、360 度の円周方向、及び上下方向に動かすことができる。また、このロボットアーム 314 は加熱手段を内蔵しており、基板 315 を搬送中においても基板の温度 (試料の温度) を一定に保つ工夫がなされている。

【0035】また 300 は基板の位置合わせ用のアライメント手段であり、ロボットアームと基板との位置合わせを正確に行うための機能を有する。即ち、ロボットアームと基板との位置関係が常に一定なものとなるようにする機能を有する。

【0036】305 で示されるのは、加熱室であり、レーザー光が照射される前に基板を予め加熱しておく機能を有する。加熱室 305 には、図 2 に示すように 315 で示される基板が多数枚重ねられるようにして収納される。多数枚収納された基板 315 は加熱手段 (抵抗加熱手段) 317 によって所定の温度に加熱される。基板 315 はリフト 316 上に収納されており、必要なときにリフト 316 を上下させ、搬送室 301 内のロボットアーム 314 によって、必要とする基板を一枚ずつ加熱室 305 に出し入れすることができる。

【0037】また 304 で示される室は、レーザー光を基板に対して照射するためのレーザー処理室である。この室では、レーザー照射装置 331 から照射されたレーザー光をミラー 332 で反射させて合成石英の窓 352 を介して、基板が置かれるステージ 353 上に配置された基板上に照射することができる。ステージ 353 は、基板を加熱する手段を備えており、また矢印 354 で示されるように 1 次元方向に移動する機能を有している。

【0038】レーザー照射装置 331 は、例えば KrF エキシマレーザーを発振する機能を有し、幅数ミリ〜数センチ、長さ数十センチの線状ビームに成形されたレーザー光を基板 (試料) に向かって照射する。

【0039】この線状のレーザービームは、354で示される移動方向と直角な方向に長手方向を有する。即ち、図3における紙面手前方向から紙面向こう方向に向かって長手方向を有する。そして、この線状のレーザー光を照射しつつ基板をステージ353毎354で示される方向に移動させることによって、基板全体にレーザー光を走査しつつ照射することができる。

【0040】303で示されるのは、基板を90度の角度で回転させる機能を有する室である。この室に回転可能なステージが配置されており、基板はロボットアーム314によってこのステージ上に移送される。そしてこのステージが90度回転し、その後ロボットアームによって基板が取り出されることによって、基板は90度回転した状態でロボットアームに保持されることになる。

【0041】この303で示される室の役割は、基板に対するレーザー光の照射を均一なものとするためのものである。前述したように、基板（試料）に対して照射されるレーザー光は、そのレーザービームが線状のものであり、基板を1方向に移動させながら照射を行うことにより、基板全面に対してレーザー光を照射するものである。この場合、レーザー光が基板の一辺から向かい合う他方の辺に向かって走査されるようにして照射される。そこで、基板を90度回転させて、同じようにしてレーザー光を照射することによって、丁度レーザー光の走査方向が直角に交叉する形となり、均一にレーザー光の照射による処理を施すことができる。

【0042】302で示される室は、305で示される室と同じ機能を有する加熱室である。305で示される加熱室は、レーザー処理室304においてレーザー光が照射される前に予め基板（試料）を加熱するためのものであった。これに対して、302で示される加熱室は、レーザー処理室304においてレーザー光が照射された後にさらに加熱処理を加えるための室である。

【0043】307で示される室は、処理が終了した基板を装置外に搬出するための搬出室（アンロード室）であり、搬入室306と同様にカセット330に基板が収納される構造を有している。また基板はカセットに多数枚が収納された状態で扉355から装置外部に取り出される。

【0044】以上説明した各室301、302、303、304、305、306、307、は密閉された構造（減圧状態に耐える真空チャンバーの構造）を有し、それぞれ独立した排気系を有している。そして、全て減圧状態とすることができる構成となっている。また、各室には必要とするガス（例えば窒素ガス）を供給する系を有している。さらに各室は、排気系を有しており、必要によって減圧状態、あるいは高真空状態とすることができる。図2には、318～319で示される排気系が、図3には、356、318、357で示される排気

系が示されている。これらの排気系には、真空排気ポンプ321～323、358、359が示されている。

【0045】また各室は、ゲイトバルブ310～313、308、309を備えており、各室の気密性を独立して高める構成となっている。

【0046】図1～図3に示す装置の動作例を以下に示す。ここでは、歪点が593℃のコーニング7059ガラス基板（10cm角）上に形成された非晶質珪素膜に対して、レーザー光を照射し、結晶化させる場合の例を示す。ここでは、レーザー光の照射によって、非晶質珪素膜を結晶化させる例を示すが、結晶化している珪素膜に対してさらにレーザー光を照射する場合や、不純物イオンが注入された珪素膜に対してアニール処理を施す場合（ソース／ドレイン領域の形成におけるアニール処理）においても以下に示す動作手順は利用できる。

【0047】以下に示す動作においては、図1に示す各室の雰囲気は常圧の窒素雰囲気とする。ここでは窒素雰囲気とする例を示すが、汚染を極力低くするには、各室を減圧雰囲気とすることが最も効果的である。

【0048】まずゲイトバルブや外部との扉は全て閉鎖した状態とする。そして、非晶質珪素膜が成膜されたガラス基板（以下基板という）を必要とする枚数でカセット（図示せず）に収納し、カセット毎搬入室306に搬入する。カセットの搬入後、搬入室の扉（図示せず）を閉める。そしてゲイトバルブ312を開け、ロボットアーム314によって、搬入室306内のカセットに収納された1枚の基板を搬送室301に取り出す。この際、アライメント300においてロボットアーム314と基板315との位置関係を調整する。

【0049】搬送室301に取り出された基板315は、加熱室305に収納される。加熱室305は図3に示されるように、基板315を多数枚収めることができる構造となっている。基板を加熱室305に収納するには、まずゲイトバルブ311を開け、ロボットアーム314によって基板315を加熱室305に収納する。そしてゲイトバルブ311を閉鎖する。

【0050】加熱室305では、基板が550℃の温度に加熱される。この温度は、基板（ガラス基板）の歪点以下の温度することが重要である。これは、歪点以上の温度で加熱処理を行うと、ガラス基板の縮みや変形が無視できなくなるからである。

【0051】加熱室305において基板を所定の時間加熱した後、ロボットアーム314によって搬送室301に移送する。なお、各室の気密性と洗浄度を保つためにロボットアームによる基板の移送の際には、必ずゲイトバルブの開閉を行う。

【0052】加熱室305から取り出された基板はレーザー処理室304に移送される。そして、基板の表面に形成された非晶質珪素膜に対してレーザー光の照射が行われる。この際、ロボットアームには、加熱手段が設け

10

20

30

40

50

られており、基板を 550℃の温度に保ったまま加熱室 305 からレーザー処理室 304 に移送する。またレーザー処理室 304 においては、基板が置かれるステージ 353 内に加熱手段が配置されており、基板を 550℃の温度に保った状態でレーザー光が照射される状態とする。

【0053】レーザー光の照射は、レーザー照射装置 331 (レーザー照射装置 331 内には、レーザービームを成形するための光学系も備えられている) から照射される線状のレーザービームをミラー 332 に反射させ、レーザー処理室 304 に設けられた石英窓 352 を通して行われる。

【0054】ここでは、ステージ 353 を 354 で示される方向に移動させることによって、被照射面 (ガラス基板上に成膜された非晶質珪素膜) 全体にレーザー光が照射されるようする。即ち、図 3 の紙面手前側から向う側に向かって長手方向を有する線状ビームを 354 で示される方向に相対的に走査させることによって、ステージ 353 上に配置された基板の表面全体にレーザー光が走査されて照射される状態とする。

【0055】レーザー光としては、例えば KrF エキシマレーザー (波長 248 nm) を用いることができる。また XeCl エキシマレーザーやその他エキシマレーザー、またその他コヒーレント光の照射手段を用いることができる。また、レーザー光の代わりに赤外線等の強光を照射する手段を利用してもよい。

【0056】レーザー光の照射が終了した後、ロボットアーム 314 によって基板をレーザー処理室 304 から一旦搬送室 301 に取り出す。この際、ゲイトバルブ 310 を最初開け、その後、ロボットアーム 314 によって基板を搬送室に取り出し、基板が搬送室に取り出された後にゲイトバルブ 310 を閉鎖するという動作が行われる。

【0057】そして、搬送室 301 に取り出された基板を基板回転室 303 に搬入する。基板回転室 303 では、基板を単に回転させるのみであるので、ゲイトバルブ 309 は開けっ放しの状態としてよい。基板回転室 303 では基板を 90 度回転させる動作が行われる。

【0058】基板回転室 303 で基板を 90 度回転させた後、再びロボットアーム 314 で基板を搬送室 301 に取り出す。そして再び、レーザー処理室 304 に基板を搬入する。この際、1 回目に基板がレーザー処理室 304 に搬入された場合と 90 度異なる角度で基板がステージ 303 上に配置される。

【0059】そして再びステージ 353 を 354 で示される方向に移動させながら線状のレーザー光を照射する。このレーザー光の照射は、走査方向が 1 回目の照射と 90 度異なり、結果として均一なレーザー光を照射することができる。このようにして、ガラス基板上に形成された均一に結晶化した結晶性珪素膜を得ること

ができる。

【0060】そして、基板を再びロボットアーム 314 で搬送室 301 に取り出し、次に加熱室 302 に移送する。加熱室 302 では、550 度の温度で加熱処理が加えられる。これは、レーザー光の照射によって結晶化された珪素膜中における欠陥密度を減少させる効果がある。

【0061】加熱室 302 での加熱処理が終了した基板は、ロボットアーム 314 によって搬送室 301 に移送させる。そして搬出室 307 内のカセット 330 に収納される。

【0062】以上の動作は連続的に行われる。そして、搬出室 307 の内のカセット 330 が一杯になったら、扉 355 を開け、カセット 330 毎装置の外部に取り出す。以上の動作で一連のレーザー照射工程が終了する。

【0063】〔実施例 2〕本実施例においては、本明細書で開示するレーザー処理方法を用いて薄膜トランジスタを作製する例を示す。図 4 に結晶性珪素膜を得るまでの工程を示す。まず (A) に示すようにガラス基板 401 を用意し、その表面に下地膜として酸化珪素膜 402 を 3000 Å の厚さにスパッタ法を用いて成膜する。ここでは、ガラス基板 401 としてコーニング 7059 ガラス基板を用いる。

【0064】次に非晶質珪素膜 (a-Si 膜) 403 をプラズマ CVD 法または減圧熱 CVD 法によって 500 Å の厚さに成膜する。そして酸化性雰囲気中での UV 光の照射によって極薄い酸化膜 404 を成膜する。この酸化膜 404 は、後の溶液塗布工程において、溶液の濡れ性を改善するためのものである。この酸化膜 404 の厚さは数十 Å 程度とすればよい。(図 4 (A))

【0065】次に非晶質珪素膜 403 の結晶化を助長する金属元素であるニッケル (Ni) の導入を行う。ここでは、ニッケル酢酸塩溶液を用いて、ニッケル元素を非晶質珪素膜 403 の表面に導入する。具体的には、まず、所定のニッケル濃度となるように調整したニッケル酢酸塩溶液を滴下し水膜 405 を形成する。そしてスピナー 400 を用いてスピンドライを行い、非晶質珪素膜の表面にニッケル元素が接した状態を実現する。ニッケルの導入量は、ニッケル酢酸塩溶液中におけるニッケル元素の濃度を調整することによって制御される。(図 4 (A))

【0066】次に加熱処理を施し、非晶質珪素膜 403 を結晶化させ、結晶性珪素膜 406 を得る。このときの加熱温度は、単に非晶質珪素膜 403 の結晶化を考えるだけなら 450℃～750℃程度の温度で行えばよい。しかし、ガラス基板の耐熱性の問題を考慮した場合、600℃以下の温度で行うことが必要である。ここでは歪点 593℃のコーニング 7059 ガラス基板を用いているので、この歪点以下の温度である 550℃の温度で 4 時間加熱処理を行う。こうして、結晶性珪素膜 406 が得られる。(図 4 (B))



【0067】加熱処理により結晶性珪素膜406を得たら、図1～図3に示すレーザー処理装置を用いてレーザー光を照射し、結晶性珪素膜406の結晶化をさらに助長させる。

【0068】即ち、550℃の温度に加熱した状態で珪素膜に対して(C)に示すようにレーザー光を照射し結晶性を助長させる。さらに(D)に示すように再び加熱処理を550℃の温度で2時間加えることによって結晶性珪素膜406中の欠陥を減少させる。詳細なレーザー光の照射工程の手順は、実施例1に示したものと同様である。

【0069】次に結晶性珪素膜の表面に残存した酸化膜404を取り除く。この酸化膜404中にはニッケルが高濃度に含まれているので、除去することが重要である。次に図5(A)に示すように結晶性珪素膜406

(図4(D)に示されている)をパターニングし、薄膜トランジスタの活性層601を形成する。(図5(A))

【0070】次にゲイト絶縁膜として機能する酸化珪素膜602をスパッタ法またはプラズマCVD法で1000Åの厚さに成膜する。次にスカンジウムを0.18wt%含有したアルミニウム膜を6000Åの厚さに蒸着法で形成する。そしてパターニングを施すことにより、ゲイト電極603を形成する。ゲイト電極603を形成したら電解溶液中においてゲイト電極603を陽極として陽極酸化を行い、アルミニウムの酸化物層604を形成する。この酸化物層の厚さは2500Å程度とする。この酸化物層604の厚さで、後の不純物イオン注入工程において形成されるオフセットゲイト領域の長さが決定される。

【0071】さらに不純物イオン(ここではリンイオン)の注入をイオンドーピング法またはプラズマドーピング法によって活性層に注入する。この際、ゲイト電極603とその周囲の酸化物層604とがマスクとなつて、605と609の領域に不純物イオンが注入されることとなる。こうしてソース領域605とドレイン領域609とが自己整合的に形成される。さらにチャネル形成領域607とオフセットゲイト領域606、608とがやはり自己整合的に形成される。

【0072】そして、レーザー光の照射を行い、ソース領域605とドレイン領域609の再結晶化と注入された不純物の活性化を行う。このレーザー光の照射工程は、実施例1において示した動作手順に従い、図1～図3に示す装置を用いて行う。但し、本実施例においては、ゲイト電極としてアルミニウムを用いているので、加熱温度を460℃とする。(図5(B))

【0073】レーザー光の照射によるアニールの終了後、層間絶縁膜として酸化珪素膜610をプラズマCVD法で7000Åの厚さに成膜する。そして孔開け工程を経て、ソース電極611とドレイン電極612を適当

な金属(例えばアルミニウム)やその他適当な導電材料を用いて形成する。最後に水素雰囲気中において、350℃の加熱処理を1時間施すことにより、図5(C)に示す薄膜トランジスタを完成させる。

【0074】〔実施例3〕本実施例は、非晶質珪素膜の結晶化を助長する金属元素を非晶質珪素膜の表面の一部に選択的に導入することにより、結晶成長を基板に平行な方向に行わせ、この基板に平行な方向に結晶成長した珪素膜をさらにレーザー光の照射により結晶性を向上させ、さらに加熱処理を加えることにより、この結晶性の向上した領域中における欠陥を減少させ、そしてこの結晶性が高く欠陥密度の低い領域を用いて薄膜トランジスタを構成する例である。

【0075】図6に結晶性珪素膜を得るまでの工程を示す。まずコーニング7059ガラス基板601上に下地膜として酸化珪素膜602をスパッタ法により3000Åの厚さに成膜する。さらに非晶質珪素膜603を500Åの厚さにプラズマCVD法または減圧熱CVD法で成膜する。そして酸化性雰囲気中においてUV光の照射を行い、非晶質珪素膜603の表面に極薄い酸化膜604を形成する。そしてレジストを用いてレジストマスク801を形成する。レジストマスク801は、802で示される領域の非晶質珪素膜表面(酸化膜604が形成されている)を露呈させるように構成されている。802で示される領域は、図面の奥行き方向に長手方向を有する長方形(スリット形状)を有している。(図6(A))

【0076】次ぎにニッケル酢酸塩溶液を塗布し、水膜605を形成した後、スピナー606を用いてスピンドライを行う。こうして、レジストマスク801によって部分的に露呈された非晶質珪素膜の表面の一部分802にニッケルが接して保持された状態が実現される。(図6(B))

【0077】次にレジストマスク801を取り除き、550℃、4時間の加熱処理を施す。この工程において、802の領域からニッケルが拡散し、それと同時に矢印803で示すように基板に平行な方向へと結晶成長が進行していく。この結晶化は、針状あるいは柱状あるいは枝状に結晶が進行していくことによって行われる。この結晶化の結果、基板に平行な方向に1次元のあるいは2次元に結晶成長した結晶性珪素膜を得ることができる。ここでは、802で示される領域が図面の奥行き方向に長手方向を有するスリット状を有しているので、結晶成長は、矢印803で示す方向にほぼ1次元に進行していく。なおこの結晶成長は、50～200μm程度行わすことができる。(図6(C))

【0078】加熱による結晶成長は、結晶成長が針状あるいは柱状あるいは枝状に進行するのであるが、その結晶成長した枝の間(隙間)には非晶質成分が残存していることがTEM(透過電子顕微鏡)の写真観察から判

10

20

30

40

50

明している。ここで、レーザー光の照射によるアニールを行うことにより、上記残存している非晶質成分を結晶化させ、さらに結晶性を向上させることができる。

【0079】このレーザー光の照射によるアニールは、実施例1に示した工程手順に従って行われる。当然レーザー光の照射の後に、550℃での加熱処理（2時間）が行われ、この加熱処理は、膜中の欠陥を低減させることに効果がある。こうして結晶性の助長された結晶性珪素膜607が得られる。（図6（D））

【0080】次に酸化膜604を取り除く。そしてパターニングを施し、図7（A）に示すように薄膜トランジスタの活性層701を得る。この時、活性層701内に、結晶成長の始点（802で示された領域）と結晶成長の終点とが存在しないようにすることが重要である。これは、結晶成長の始点と終点においては、導入された金属元素（この場合はニッケル）の濃度が高いので、この金属濃度の高い領域を避けて活性層を形成するためである。こうすることで、金属元素の影響によるデバイスの不安定性を避けることができる。（図7（A））

【0081】次にゲイト絶縁膜として機能する酸化珪素膜702をスパッタ法またはプラズマCVD法で100Åの厚さに成膜する。次にスカンジウムを0.18wt%含有したアルミニウム膜を6000Åの厚さに電子ビーム蒸着法で形成する。そしてパターニングを施すことにより、ゲイト電極703を形成する。ゲイト電極703を形成したら電解溶液中においてゲイト電極703を陽極として陽極酸化を行い、アルミニウムの酸化物層704を形成する。この酸化物層の厚さは2500Å程度とする。この酸化物層704の厚さで、後の不純物イオン注入工程において形成されるオフセットゲイト領域領域の長さが決定される。

【0082】さらに不純物イオン（ここではリンイオン）をイオンドーピング法またはプラズマドーピング法によって活性層に注入する。この際、ゲイト電極703とその周囲の酸化物層704とがマスクとなって、705と709の領域に不純物イオンが注入されることとなる。こうしてソース領域705とドレイン領域709とが自己整合的に形成される。さらにチャネル形成領域707とオフセットゲイト領域706、708がやはり自己整合的に形成される。（図7（B））

【0083】そして、図1～図3に示すレーザー処理装置を用いてレーザー光の照射を行い、ソース領域705とドレイン領域709の再結晶化と注入された不純物の活性化を行う。

【0084】レーザー光の照射によるアニールの終了後、層間絶縁膜として酸化珪素膜710をプラズマCVD法で7000Åの厚さに成膜する。そして孔開け工程を経て、ソース電極711とドレイン電極712を適当な金属（例えばアルミニウム）やその他適当な導電材料を用いて形成する。最後に水素雰囲気中において、35

0℃の加熱処理を1時間施すことにより、図7（C）に示す薄膜トランジスタを完成させる。

【0085】本実施例に示す薄膜トランジスタは、針状または柱状または枝状に1次元的に結晶成長した結晶の結晶成長方向に沿ってキャリアが移動することになるので、キャリアの移動に際して結晶粒界の影響を受けることが少なく、移動度の大きいものを得ることができる。さらにまた、特性の劣化や変動の無いものとすることができる。

10 【0086】〔実施例4〕本実施例は、図1に示す装置の変形例を示す。図11に本実施例の概略の構成を示す。図11において、図1と符号が同じ箇所は実施例1で示した説明と同じ機能を有する。図11に示す装置は、305で示す加熱室でまず基板を加熱し、しかる後にレーザー処理室304でレーザー光の照射による処理を行い、さらに351で示される加熱室で加熱処理を行い、レーザー光が照射された珪素膜中における欠陥を減少させる。

20 【0087】そして、加熱室351での加熱が終了した後、350で示される室で基板の徐冷を行う。徐冷の速度は、徐冷室350に導入される窒素ガスの導入量を調整することによって行う。徐冷室350で徐冷された基板は搬出室307に移送される。

【0088】本実施例で示すレーザー光の照射は、非晶質珪素膜の結晶化、加熱により結晶化した珪素膜に対するアニール（実施例2、実施例3でした場合に相当する）、不純物イオンが注入された珪素膜のアニールや活性化に利用することができる。

【0089】

30 【発明の効果】

【図面の簡単な説明】

【図1】 レーザー処理装置の上面図。

【図2】 レーザー処理装置の断面図。

【図3】 レーザー処理装置の断面図。

【図4】 ガラス基板上に結晶性珪素膜を作製する工程を示す図。

【図5】 薄膜トランジスタの作製工程を示す図。

【図6】 基板上に結晶性珪素膜を作製する工程を示す図。

40 【図7】 薄膜トランジスタの作製工程を示す図。

【図8】 非晶質珪素膜に対して照射されたレーザー光の強度とレーザー光が照射された珪素膜が示すラマンスペクトルの強度（相対値）を示す図。

【図9】 非晶質珪素膜に対して照射されたレーザー光の強度とレーザー光が照射された珪素膜が示すラマンスペクトルの半値幅（相対値）を示す図。

【図10】 結晶性珪素膜の作製条件と得られた結晶性珪素膜中のスピン密度との関係を示す図。

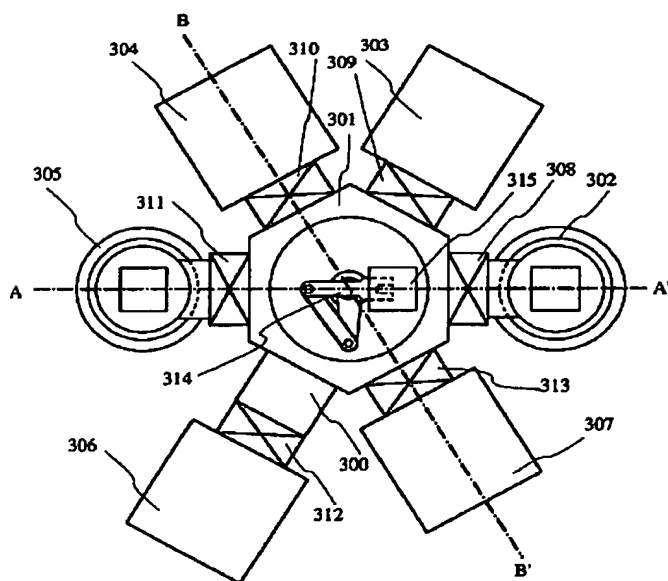
【図11】 レーザー処理装置の上面図

50 【符号の説明】

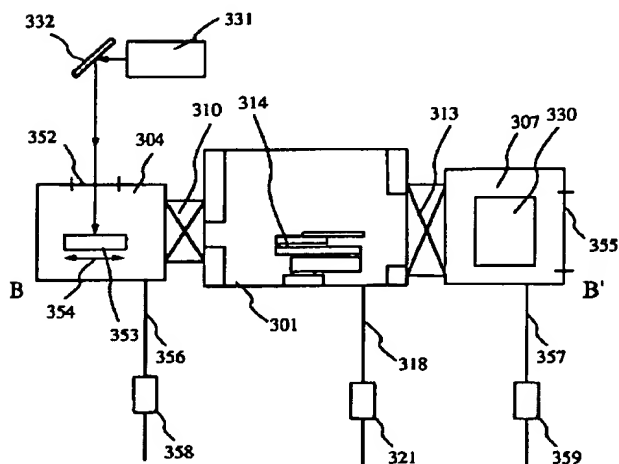
17

- 300 ..... アライメント  
 301 ..... 搬送室  
 302 ..... 加熱室  
 303、305 ..... 基板を回転させる室  
 304 ..... レーザー処理室  
 306 ..... 基板搬入室  
 307 ..... 基板搬出室  
 308~313 ..... ゲートバルブ  
 314 ..... ロボットアーム  
 315 ..... 基板  
 316 ..... リフト

【図1】



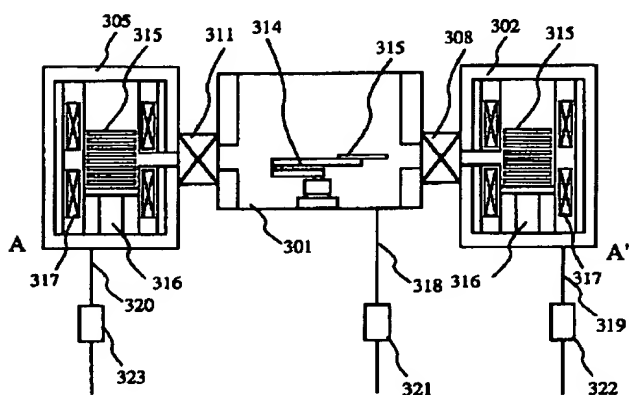
【図3】



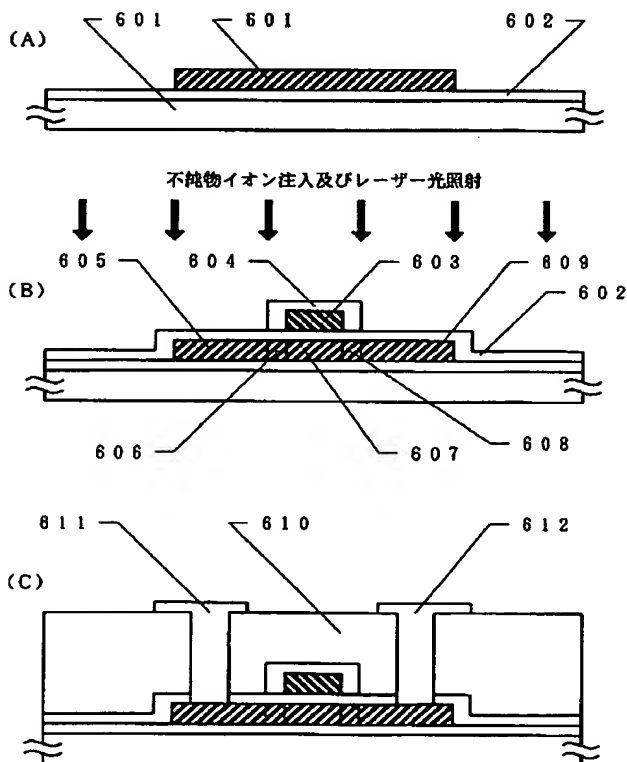
18

- 317 ..... ヒータ  
 318~319 ..... 排気系  
 321~322 ..... 真空排気ポンプ  
 356、357 ..... 排気系  
 358、359 ..... 真空排気ポンプ  
 331 ..... レーザー照射装置  
 332 ..... ミラー  
 352 ..... 石英窓  
 355 ..... 扉  
 10 330 ..... カセット

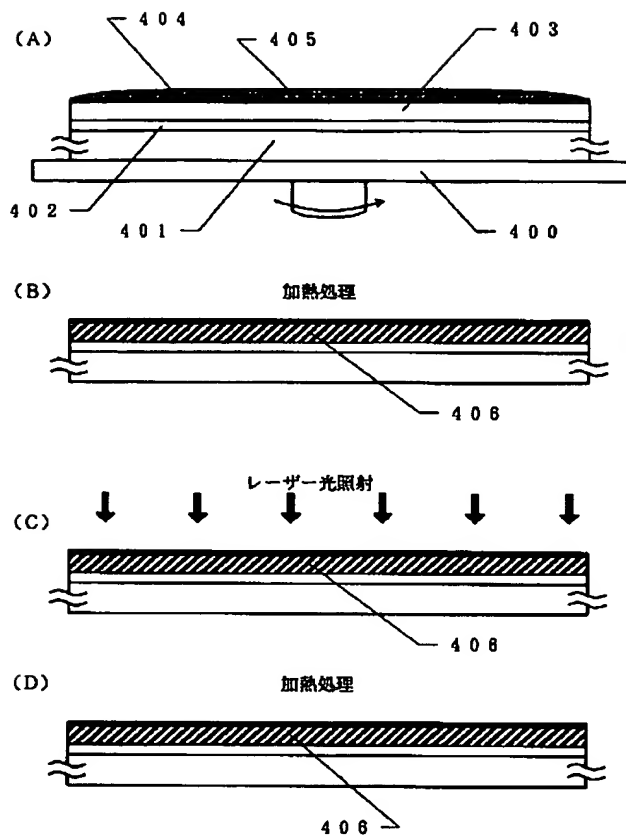
【図2】



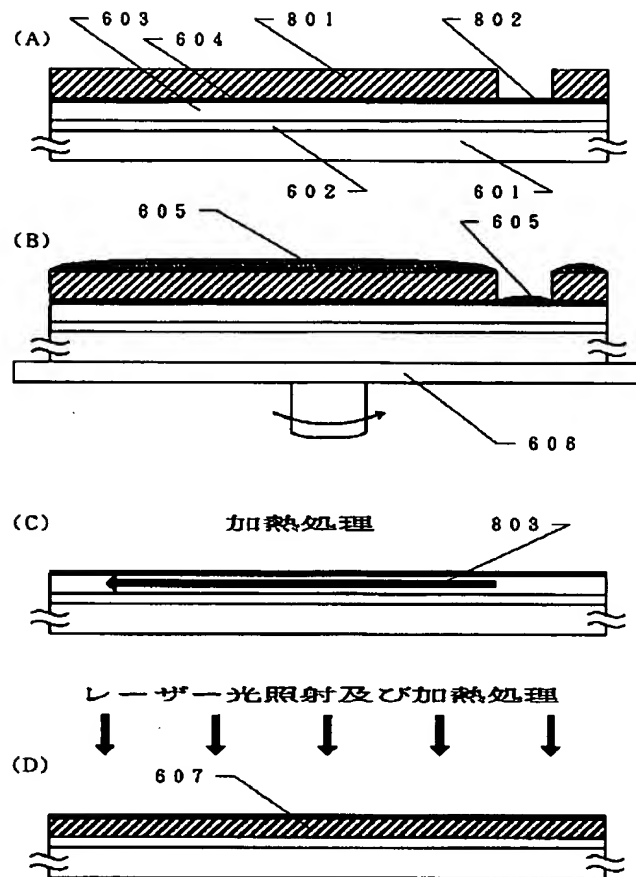
【図5】



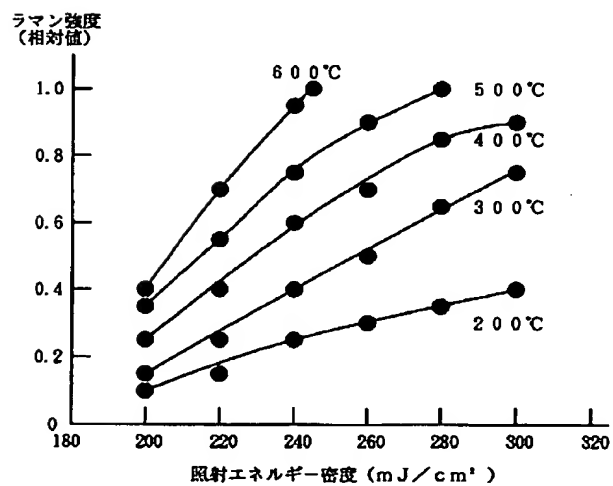
【図4】



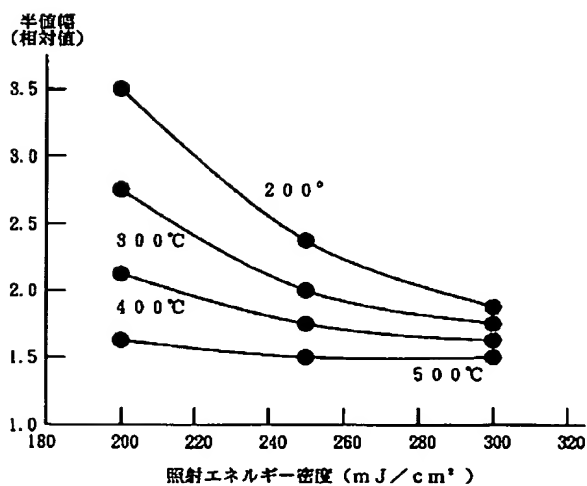
【図6】



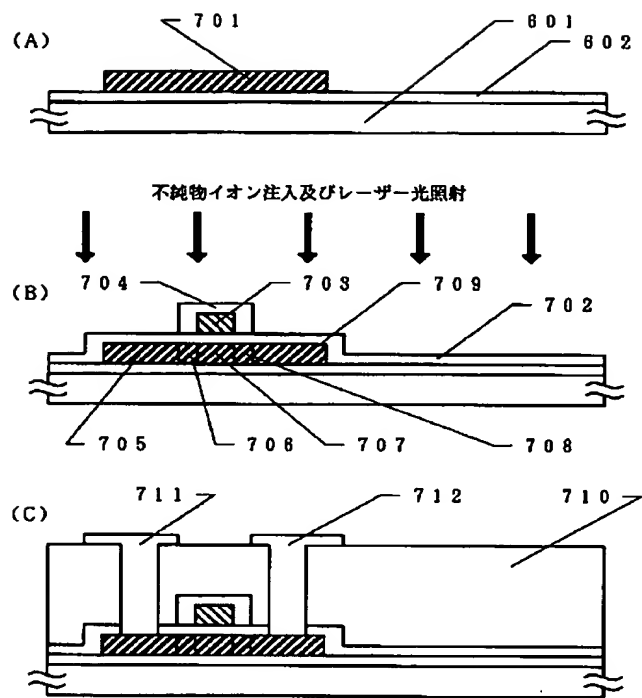
【図8】



【図9】



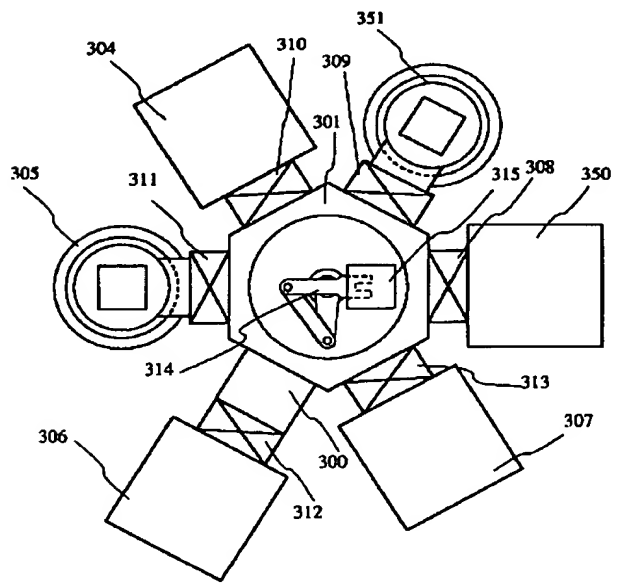
【図 7】



【図 10】

| No | 試料作製条件                       | スピンの密度 (spins/cm <sup>2</sup> ) | g 値    |
|----|------------------------------|---------------------------------|--------|
| 1  | 560℃, 4h                     | $3.22 \times 10^{14}$           | 2.0055 |
| 2  | 550℃, 4h                     | $7.72 \times 10^{14}$           | 2.0055 |
| 3  | (550℃, 4h) + LC              | $8.21 \times 10^{14}$           | 2.0057 |
| 4  | (550℃, 4h) + LC + (550℃, 4h) | $7.65 \times 10^{17}$           | 2.0051 |
| 5  | 600℃, 24h                    | $1.06 \times 10^{14}$           | 2.0052 |
| 6  | 600℃, 24h (Ni 無し)            | $3.06 \times 10^{14}$           | 2.0049 |

【図 11】



フロントページの続き